

Купцов С. Г., Фоминых М. В., Мухинов Д. В.,
Магомедова Р. С., Плещёв В. П., Дубровская Е. А.
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ СПОСОБОМ

Рассмотрен способ электроискрового легирования (ЭИЛ) некоторых интегральных сталей X12M, У9А, 9ХС, Р18, Р6М5. Показано, что монотонно с увеличением емкости частоты происходит повышение микротвердости, рост количества γ -фазы и уменьшение α -фазы, увеличение параметра кристаллической решетки, а также образование карбида W_2C .

Ключевые слова: Эксплуатационная прочность, электроискровое легирование, инструментальные стали, редкие металлы, рентгеноструктурный анализ.

В настоящее время достаточно широко применяется метод электроискрового легирования (ЭИЛ) для повышения эксплуатационной прочности конструкционных материалов [1; 2]. В то же время необходимо отметить ограниченность структурных исследований о строении ЭИЛ покрытий [3].

В работе проводилось ЭИЛ широко применяемых инструментальных сталей X12M, У9А, 9ХС, Р18, Р6М5. Определялось влияние частоты фазы разряда, емкости на рентгеноструктурные свойства электроискровых покрытий.

ЭИЛ проводилось редкими металлами W, Mo как с углероднасыщающей добавкой, так и без добавки с целью получить на поверхности обрабатываемых сталей слои высокоустойчивых карбидов.

1. Легирование редкими элементами и сплавами на их основе

1.1. Методики исследований

Электроискровое упрочнение производилось на приборе ЭЛАН-2.

© Купцов С. Г., Фоминых М. В., Мухинов Д. В.,
Магомедова Р. С., Плещёв В. П., Дубровская Е. А., 2015

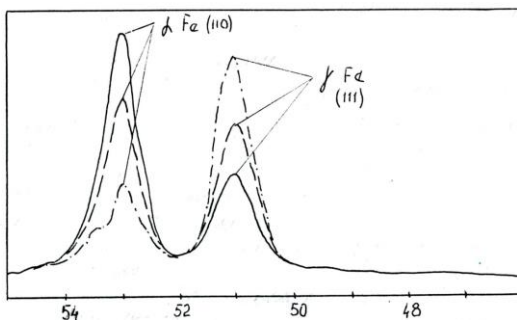
Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре ДРОН-3 с использованием кобальтового излучения.

Нанесение проводилось вручную на образцы площадью 1 см^2 при средней скорости перемещения электрода-анода $5 \text{ см}^2/\text{мин}$.

Легирование редкими металлами W и Mo и сплавами имеет крайне важное значение ввиду их высокой прочности и износостойкости, особенно в сочетании с углероднасыщающей добавкой, когда можно ожидать появление на упрочняемой поверхности пленки из сплавов внедрения, обладающих рядом экстремальных свойств (твердость, жаростойкость, износоустойчивость и т. д.) [3; 4].

1.2. Экспериментальные результаты

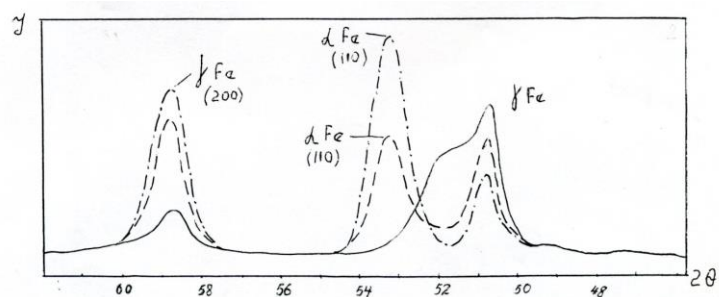
Типичные фазовые превращения при ЭИЛ сталей X12M вольфрамом и молибденом приведены на рис. 1,2,3,4. А именно, происходит легирование α -твердого раствора, α - в γ -превращение, с ростом емкости, частоты источника питания, времени и изменении фазы с 36° на 216° , происходит увеличение количества γ -фазы (рис. 1, 2, 3, 4).



Фаза 216° . — 1,37 кГц, - - - 5,5 кГц, · - · - · 11 кГц.

Режим: $U = 100 \text{ В}$, $f_{\text{узг}} = 22,5 \text{ кГц}$, $c = 30 \text{ мкФ}$

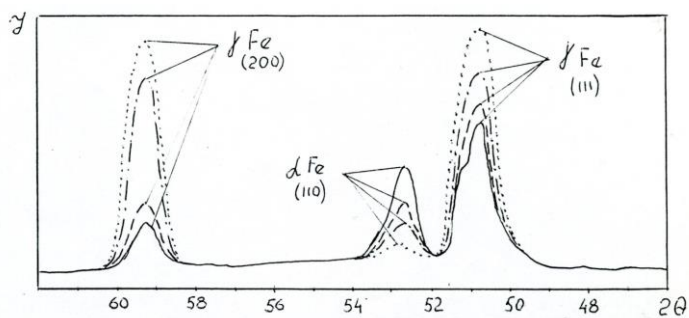
Рис. 1. Зависимость фазового состава поверхностного слоя стали X12M от частоты источника питания при напылении вольфрамом (молибденом) с использованием насыщающей обмазки



Фаза 216°. ···· 6 мкФ, --- 12 мкФ, — 30 мкФ.

Режим: $U = 100 \text{ В}$, $f_{\text{узг}} = 22,5 \text{ кГц}$, $f_{\text{и.п.}} = 22 \text{ кГц}$

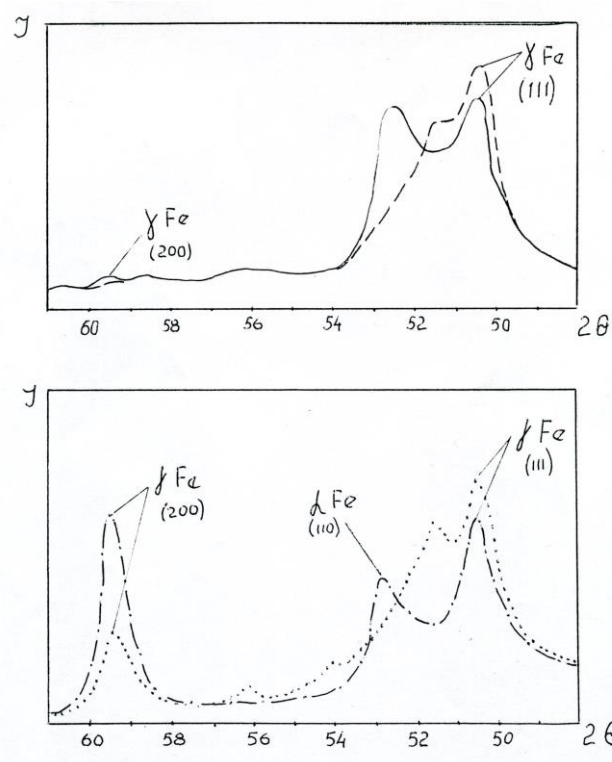
Рис. 2. Зависимость фазового состава поверхностного слоя стали Х12М от емкости источника питания после напыления вольфрамом (молибденом)



Фаза 216°. — 1,37 кГц, ---- 5,5 кГц, ···· 11 кГц, ···· 22 кГц.

$U = 100 \text{ В}$, $f_{\text{узг}} = 22,5 \text{ кГц}$, $c = 30 \text{ мкФ}$

Рис. 3. Зависимость фазового состава поверхностного слоя стали Х12М от частоты источника питания после напыления вольфрамом (молибденом)



Фаза 216 °. - · - · 1 мин/см², · · · 2 мин/см², - - - 3 мин/см², — 4 мин/см².

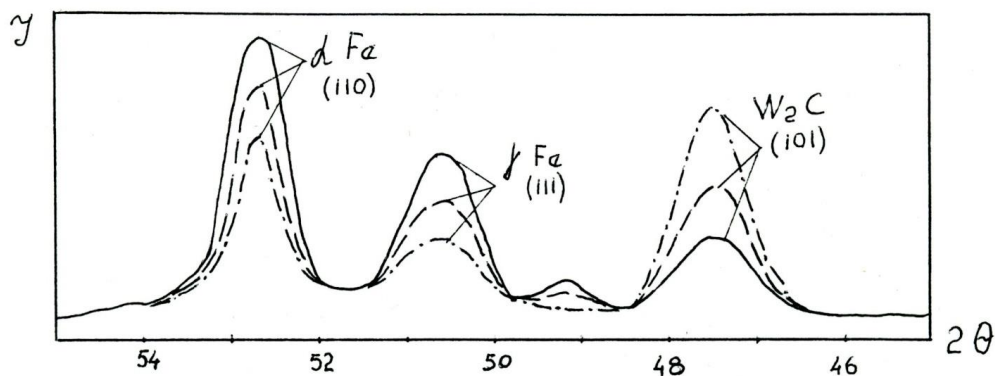
$U = 100\text{В}$, $f_{\text{узг}} = 22,5 \text{ кГц}$, $f_{\text{ип}} = 22 \text{ кГц}$, $c = 30 \text{ мкФ}$

Рис. 4. Изменение фазового состава поверхностного слоя стали X12M в зависимости от времени напыления вольфрамом (молибденом)

1.3. Электроискровое легирование стали X12M твердым сплавом ВК8 с использованием углеродонасыщающей смазки

Из всего вышесказанного следует, что ни при каком режиме в процессе ЭИЛ не образуется карбид вольфрама WC и только лишь при некоторых случаях образуется карбид W_2C , который практически полностью определяет микротвердость покрытия, а значит, и эксплуатационные свойства режущего инструмента. Исходя из утверждения, высказанного еще Э. Гудремоном [4], W_2C можно представить, как карбид WC , в котором недостаточно углерода. Очевидно, можно предположить, что для того, чтобы получить фазу WC и увеличить количество W_2C , необходимо повысить количество углерода, вводимого в покрытие. Для этого использовалась смазка ЦИАТИМ-2 % с добавкой сажи. Использование названной композиции обусловлено ее высокой

степенью адгезии к металлам вообще и к исследуемым сталям в частности. В результате оказывается, что на режимах, на которых ранее не образовывались карбиды, в данном случае уже образуется карбид W_2C (рис. 5), то есть происходит использование углерода, входящего в состав обмазки, причем с ростом емкости количество W_2C возрастает.



Фаза 36° , — 6 мкФ, --- 12 мкФ, - · - · - 30 мкФ.

Режим: $U = 100 \text{ В}$, $f_{\text{узг}} = 22,5 \text{ кГц}$, $f_{\text{ип}} = 11 \text{ кГц}$

Рис. 5. Зависимость фазового состава поверхностного слоя стали X12М от емкости источника питания после напыления вольфрамом с молибденом с использованием насыщающей обмазки

2. Обсуждение экспериментальных результатов

В ходе работы показано, что применение в качестве электродов редких металлов и их сплавов не только приемлемо, но и является наиболее предпочтительным вариантом. Установлено, что увеличение емкости способствует повышению микротвердости, росту количества γ - и уменьшению α -фазы железа в покрытии. Аналогичные закономерности выявлены и при увеличении частоты источника питания, причем при высоких значениях указанных характеристик наблюдается и увеличение параметра элементарной ячейки. В случае применения углерод-насыщенной добавки на поверхности образуется во многих случаях карбид W_2C .

Литература

1. Астапов И. А., Верхотуров А. Д. Исследование процесса моделирования поверхности твердости сплавов методом ЭИЛ // Моделирование систем. 2007. № 2 (14). С. 20–30.
2. Коротков В. А. Электроискровое упрочнение и восстановление деталей // Главный Механик. 2012. № 1.
3. Верхотуров А. Д. Некоторые вопросы теории и практики метода электроискрового легирования металлических поверхностей // Физика и химия обработки материалов. 1993. № 3.
4. Гудремон Э. Специальные стали / перевод с нем. М.: Государственное научно-техническое издательство по черной и цветной металлургии, 1960. Т. 2. (1958 г).
5. Верхотуров А. Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании. Владивосток : Дальнаука, 1993. 323 с.